

# 液压系统振动噪声产生原因分析

李建宇

## Analysis for the Reason of Producing Vibration Noise of Hydraulic System

LI Jian-yu

(湖南华菱湘钢钢铁有限公司, 湖南省湘潭市岳堂区 411101)

**摘要:**对液压系统产生振动噪声原因分析,提出衰减、阻尼及消除方法。

**关键词:**液压系统; 振动噪声; 消除方法

中图分类号: TH137 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2006)05-0076-03

液压系统的振动与噪声是一个相当普遍的问题。机器设备愈向高速、高压和大功率的方向发展,相应的技术跟不上,振动与噪声也相应增大,长期处于异常振动的液压设备必然会出现各种故障,造成振动与液压装置难以正常工作,影响设备的性能和液压元件的寿命,也影响人的身心健康。因此分析振动噪声产生原因有助于采取有效的消除方法。

### 1 振动与噪声

噪声是一种振动波,它通过不同的传播媒体,可分为流体噪声、结构噪声和电磁噪声。在液压传动或自动控制系统中,上述3种噪声同时存在,其产生的成因和组成是多方面的。

#### 1) 液压泵的噪声

在液压系统中主要的噪声源是液压泵。即使它不辐射出大量的声功率,其压力波动和结构振动也能间接地引起机器设备的噪声。

液压泵的噪声随液压功率的增加而加大。液压功率是由液压泵的输出压力  $p$ 、每转的排量  $q$  和转速  $n$  这3个参数决定的。这3个参数对液压泵的噪声影响程度是不同的。转速的提高使泵的噪声增大比输出压力提高的作用要大得多;每转排量对噪声的影响基本与输出的压力相同。

为了使噪声最低,一般在选用液压泵时,在保证所需的功率和流量的前提下,尽量选择转速低的液压泵(1000~1200 r/min),在实际应用中也可使用复合泵(并联和串联液压泵)和卸荷回路来降低噪声。

(1) 液压泵的流量脉动,由此引起的出口及管路压力脉动。这种固有的流量与压力脉动必然产生流体

噪声。

(2) 液压泵困油区的压力冲击及倒灌流量产生噪声。如斜盘式轴向柱塞泵,其缸体在旋转过程中位于上死点时,柱塞腔内的液体压力在与排油腔接通的瞬间,吸油压力突然上升到排油压力产生了较高压力冲击。同理,位于下死点时,柱塞腔内的液体压力在与吸油腔接通的瞬间突然由排油压力下降到吸油压力,同样也产生压力冲击。与此同时,在上死点排油腔内的液体向柱塞腔内倒灌,便产生了所谓“倒灌流量”,使液压泵原来固有的流量脉动更加剧烈。由此产生较大的流体噪声,它是液压泵的主要声源。

(3) 液压泵的困油现象也是产生振动和噪声的重要原因。如齿轮泵在实际使用中因困油产生较大的噪声时,应检查其卸荷槽的尺寸是否与设计图纸相符。在修磨端盖时要保证原卸荷槽的尺寸不变。

(4) 由于泄漏的原因,增加了液压泵的压力和流量脉动也是产生噪声的原因之一。因此,在维修中消除液压装置的外泄漏,是降低噪声的有效措施。

#### 2) 控制阀的噪声

控制阀是液压系统中的另一个噪声源。

(1) 控制阀的气穴作用发出的嘘嘘声(高速喷流声)。这是由于油液通过阀口时产生的节流作用,在节流口处产生很高的流速,有时可达 100~150 m/s(通常称喷流现象)。在节流口下游通道截面处流速极不

收稿日期:2006-04-05

作者简介:李建宇(1971—),男,湖南湘潭人,工程师,硕士,主要从事设备管理工作。

均匀的情况下,当压力低于大气压时,溶解于油中的空气便分离出来产生大量的气泡。这些气泡由于油流压力回升而消失,此时的振动频率将达到 200 Hz 以上。另外,在喷流状态下,油流速度不均匀而发生涡流或由于液流被剪切也产生噪声。

解决这类噪声的办法是提高节流口下游背压,使其高于空气分离压力的临界值。可用二级或三级减压的办法,以防止气穴现象的发生。一般油液通过控制阀的节流口时,要求上游压力  $p_1$  与下游压力  $p_2$  之比,不大于 3~6(锐边阀口取小值,圆弧阀口取大值)。

(2) 控制阀的自激振动产生的噪声。如溢流阀一类的控制阀,其阀芯是支承在弹簧(包括油液的弹性)上,与质量、阻尼系统与管路以及与负载相匹配的有关参数超过临界值时,阀芯就会因其他部位的扰动(如压力脉动或其他振源)产生持续的自激振动和异常噪声。又如滑阀、转阀和伺服阀等由液动力引起的自激振动也发生一种呈“嗡嗡叫”的高频声响。在一般情况下,压力、温度愈高,这种现象就愈容易发生。

(3) 液压泵压力脉动的激励作用,使阀件产生共振,因而增大噪声;控制阀中特别是节流阀,其节流开口小,流速高易产生涡流,有时将会引起阀芯拍击阀座,产生很大的蜂鸣声。发生这种现象时,可选用小规格的控制阀来替换或将节流口开大。

(4) 在液压系统中,由于方向控制阀突然关闭或突然打开造成液压冲击而引起振动和噪声。如电磁换向阀快速切换时,油路突然关闭或使油流突然改向以及电磁阀突然打开使液压泵卸载都会产生液压冲击。一般电磁阀的动作时间为 0.08~0.12 s,由于快速切换引起管内压力剧烈波动,并以声速沿着管道方向传播,当传至液压缸、液压泵或其他较大的容腔时,就会引起这些环节产生撞击振动和噪声。如磨床工作台在换向过程中(换向阀未调好),就会产生冲击而使管道发出“嗡嗡”的噪声;又如液压机的液压缸,在承压状态时,若控制阀突然打开而液压缸急速卸载,则液压缸和其连接的机构也会由于冲击而发出噪声。

这种噪声可以通过阀的合理设置(如设置缓冲机构等)或采用分级卸载的办法,使液压冲击尽可能的减小。

(5) 控制阀的工作部位磨损、滑阀与阀体孔配合间隙过大、高低压油互通、调压弹簧永久变形或损坏等原因、而发出一种“哨”声或“尖叫”声。这种噪声的消除方法是更换阀座、阀芯或弹簧。

3) 液压泵吸入系统的气穴现象产生振动和噪声此处略。

4) 液压泵的吸空现象产生的噪声

液压泵的吸空,是指液压泵吸进的油液中混有空气。这种现象的产生不仅容易发生气蚀、增高噪声,而且还影响液压泵的容积效率、油液变质等不良后果。因此,在液压传动与控制系统中,这种现象是不允许存在的。出现这类问题的主要原因是油箱和油管设置、安装不合理(如油箱内液面剧烈地搅动,空气便混入油内);吸油管吸进带有气泡的油液(吸油管接头密封不严、吸入空气)。油液中的空气泡在低压处膨胀,进入高压区后被压缩,产生上述的气穴现象,因而使噪声增大。

产生吸空现象的其他原因还有:因泄漏等原因造成油箱中油液不足;吸油管浸入油液液面部分太少;液压泵吸油位置太高;油液的黏度大;液压泵吸油口通流截面过小;过滤器表面被污染物堵塞;回油管没有浸入油池等而造成大量空气进入系统。

防止液压泵吸进空气可采取以下措施:

(1) 液压泵吸油管和有关部分(如泵出轴端)要严格密封,防止泵内短时低压而吸入空气。

(2) 油箱设计要合理,可采用设有隔板的长油箱,使油液中的气泡上浮后不会很快进入吸油管附近。油箱是液压系统中消除油液里气泡的最好地方。一般油液回到油箱时往往带有气泡,只要到一定的时间,气泡就会自动分离出来并上浮消失。为此,液压系统的油箱容积应足够大。油箱的容积随设备不同、使用场所的不同而有差异。通常可设计成等于系统两分钟最大流量即可。

当不能提供具有隔板的油箱时,可采用具有去除气泡装置的油箱。试验表明,采用 60 目的金属网,安装倾斜角 30° 效果最佳,它能去除 90% 混入油液中的气泡。

(3) 油箱中的油液应加至油标线的规定;吸油管一定要浸入油池的 2/3 深度处;油液的黏度要符合使用说明书的规定;过滤器要定期清洗,防止被污物堵塞。

(4) 液压系统的回油管要插入油箱液面以下,并要制成 45° 的斜切口面朝箱壁,距箱壁 100 mm 左右为宜。回油管径要适宜(足够大),防止回油流速过高冲入油箱搅动液面而混入空气。

(5) 采用消泡性能好的工作油液,或在油液内加

入消泡添加剂,使气泡很快的上浮消失。

#### 5) 液压系统中机械零件的振动产生的噪声

(1) 液压系统机械回转部分,由于结构设计、制造、安装等误差,当工作时便产生周期性的不平衡力,因而发生振动并辐射出恒定的噪声。如液压泵驱动系统的皮带轮和皮带、传动轴上的键、联轴器和液压泵等零件,当电动机的轴与液压泵的传动轴,同轴度误差大于 0.08 mm 时,就会产生较大噪声。此时的联轴器不仅不吸震,反而造成强迫振动。因此,在制造与安装过程中应尽量减小偏心与不平衡;液压泵、电机支架与机座要用楔铁调整并校准水平;紧固螺钉必须有防松结构。

(2) 设备的地基与机座、液压系统的管路等,若安装、调整不符合技术条件规定时,也导致产生噪声。并在系统油压升高后,经控制阀改变油路方向和调压调速时,在所连接的管路上发生异常的振动或共振引起有关部分产生噪声。这些问题都值得注意,但无论在什么情况下,都应使液压系统的管路尽量短一些,长度要选择适当,并用坚固的、能吸振的支撑加以固定,避免发生驻波或共振现象。

## 2 液压系统的噪声衰减、阻尼和隔离

如前所述,液压系统的主要噪声源是液压泵。为了降低由其产生的噪声,可在泵的结构设计和制造中采取一定的措施来消除机械冲击和压力冲击。但是,由于液压泵几何空间变化的不均匀性所造成的压力脉动是较难消除的。为此,在实践中可采取衰减、阻尼和隔离的办法来减小或消除液压系统中的噪声。

(1) 用脉动衰减器来防止噪声扩散。衰减器有能量吸收型和反射消除型两大类,应用衰减器,既不会全部吸收、也不能全部反射,它在一定的频率范围内可以看成是一个特定的过程,或主要是吸收、或主要是反射。能量吸收型衰减器是利用某些材料的特性、通过粘着摩擦将声能变为热能(油温升高)。所以,它只能衰减传入到缓冲材料内部的噪声。为了扩大缓冲材料同液体的面积,应把缓冲材料做成多孔的,并以同心管的形式布置在主要油流的通道上。

(2) 在管路中设置蓄能器衰减系统中的压力脉动。蓄能器是一个反射型脉动衰减装置,利用气体弹性来吸收和释放液体的压力能。依靠入射波和分流波之间的相位关系来减少声波向下游传播。

(3) 安装减振软管。利用挠性软管容易膨胀的特性来平滑液压泵的压力脉动。

(4) 在管路上安装消声器。通过入射波与反射波的相互作用,将波形峰值部分的容量吸收填入到波谷部分。这样可以认为系统没有流量变化,即消除压力脉动。

在液压泵的出油口串接一个大的容腔,试验表明:液压泵的出口压力脉动原为 1.31 MPa,可衰减到 0.14 MPa,效果比较显著。

(5) 在管道中串接滤声器。这是一种以相位消除为主的声学装置,它可消除管路的流量脉动,故又可称为脉动消减器。它是一个开有无数小孔的、用橡皮套包容的多孔管,在橡皮管与多孔管之间有保护用的钢丝网,外围冲入氮气。当压力峰值传入时,经小孔(阻尼吸收能量)使橡皮套膨胀从而使噪声得到衰减。应用时,需根据压力脉动频率和流量来选择。该种滤声器的优点是安装在管路上,不增大管路的阻力,一般状态下不用维护。

(6) 系统机械结构振动的阻尼。为了减少噪声的传播,避免一些零件的共振,可在液压系统的管道、罩壳、板状零件等的表面上粘贴或涂上一层阻尼材料,使这些零件的共振因阻尼作用而得到衰减,从而减少空气噪声的辐射。这种办法对于抑制高频率噪声较为有效。阻尼材料一般可用内消耗较大的材料,如沥青、聚硫酯橡胶或聚氨酯橡胶以及其他高分子材料。

## 3 结束语

从机械部分零件的材质方面减少噪声,国外有的采用高阻尼材料如锰铜合金、镍钛合金以及含高磷的孕育铸铁等制作泵体或阀体。近年来国内也开始试生产高阻尼材料,如锰铜合金 MC-77 和铁铬合金 AJ-1 等。经一些单位使用,减振、降低噪声效果比较明显。

液压装置的噪声还可采用柔软多孔材料,如毛毡、纤维板、石棉、玻璃纤维、泡沫塑料等进行吸收隔离。如将噪声源放在隔板的后面;对于噪声高的液压元件用隔罩罩起来。对高压泵一类的强噪声源,目前采用的措施是把动力装置单独放在一个隔音减振的房间内封闭的办法。使进出油口管道接通工作机构,运行参数的调节、选用是在工作地点的操纵台上通过遥控进行,以减少噪声对操作人员的辐射。

# 欢迎订阅《液压气动》杂志